



Universidad del Salvador

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Industrial

Trabajo Final de Ingeniero

‘Proyecto de inversión de planta de biogás sustentada a base de residuos agropecuarios’

USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Presentado por: Florencia Andrea Boccio

4 de Julio de 2017

Índice

1. Introducción5

1.1 Objetivo del trabajo.....5

1.2 Caso a analizar5

1.3 La empresa6

1.4 Misión6

2. Descripción del proyecto7

2.1 ¿Qué es el biogás?7

2.1.1 Proceso microbiológico de fermentación y factores que influyen en su rendimiento8

2.2 Diagrama de flujo de una instalación de producción de biogás.....10

2.3 Proceso de producción del biogás.....11

2.4 ¿Qué es y cómo funciona una planta de biogás?12

2.5. Residuos Orgánicos13

2.6 Fermentador.....16

2.7 Conducción del gas.....18

2.8 Proceso de eliminación del sulfuro de hidrógeno25

3. Operación y mantenimiento de la planta26

3.1 Plan de Mantenimiento.....26

3.2 Costos de Operación y Mantenimiento.....27

4. Ingeniería de Proyecto29

4.1 Análisis de datos técnicos.....36

4.2 Desarrollo del proyecto.....37

4.3 Balance de materia y energía39

4.4 Análisis FODA.....42

4.5 Impacto en la creación de puestos de trabajo44

5. Economía del proyecto.....44

6. Evaluación económico financiera50

7. Conclusión54

Anexos55

Glosario82

Bibliografía87

Índice de tablas

TABLA I. Energía producida por la planta de biogás 38

TABLA II. Grado de ocupación de la planta de biogás..... 39

TABLA III. Análisis FODA del proyecto..... 43

TABLA IV. Valores de referencia que se han tomado en el ejercicio 44

TABLA V. Valores del grado de ocupación de la planta en tiempo de amortización..... 48

TABLA VI. Flujo financiero del proyecto..... 49

TABLA VII. Cálculo del VAN y de la TIR..... 53



Índice de figuras

Fig. 1. Diagrama de flujo de una planta industrial de biogás agroindustria 11

Fig. 2. Tipos de colectores de biogás.....12

Fig. 3. Modelo de planta industrial de biogás más común en todo el mundo.....13

Fig. 4. Pala mecánica alimentando el depósito dosificador de sustrato sólido al tanque digestor13

Fig. 5. Conducto de tornillo sinfín que transporta el sustrato sólido al tanque14

Fig. 6. Sustrato sólido ingresando al interior del fermentador.....14

Fig. 7. Descarga de los residuos líquidos en la cisterna de almacenamiento14

Fig. 8. Cisterna de almacenamiento con agitador – mezclador15

Fig. 9. Residuos líquidos, etc15

Fig. 10. Tanque mezclador.....16

Fig. 11. Sistema de pasteurizado de residuos.....16

Fig. 12. Sistema de calefacción.....17

Fig. 13. El gas asciende y se acumula sobre la superficie del sustrato18

Fig. 14. El gas es llevado, mediante tuberías19

Fig. 15. Eliminación de agua por condensación.....19

Fig. 16. Planta biológica de desulfuración19

Fig. 17. Desactivación del ácido sulfhídrico (H2S).....20

Fig. 18. Proceso de lavado y secado para eliminar impurezas y agua remanente.....20

Fig. 19. Control electrónico de la calidad del gas21

Fig. 21. Producción de energía eléctrica destinada a un uso privado.....21

Fig. 22. Producción de energía eléctrica.....22

Fig. 23. El calor es aprovechado y conducido por tuberías22

Fig. 24. Tanque de almacenamiento23

Fig. 25. Separador de fuerza centrífuga23

Fig. 26. Biofertilizante o abono orgánico (compost) envasado24

Fig. 27. Fertilizante líquido24

Fig. 28. Planta de depurado del biogás25

Fig. 29. Vista aérea de una planta similar a la del pueblo de Vera29

Fig. 30. Exterior general de una planta de biogás30

Fig. 31. Silo de maíz y sorgo picado fino almacenado en búnker30

Fig. 32. Dos biodigestores y el depósito de estiércol.....31

Fig. 33. Interior del digestor32

Fig. 34. Aislamiento térmico del digestor.....32

Fig. 35. Removedores internos en los digestores.....33

Fig. 36. Mixer o mezclador de la ración de biomasa con estiércol33

Fig. 37. Container con motor de combustión34

Fig. 38. Interior de la cámara del motor.....34

Fig. 39. Motor que funcionará con el metano (CH4) obtenido de los biodigestores.....35

1.INTRODUCCION

1.1 Objetivo de Trabajo

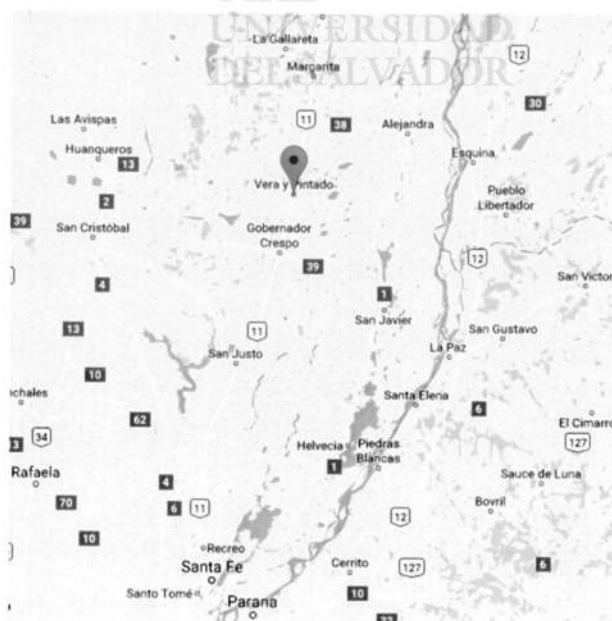
El objetivo de este trabajo consiste en realizar un análisis, tanto técnico como económico, de un proyecto de una planta de producción de biogás, pensada para lograr el autoabastecimiento de energía mediante cogeneración en una zona rural de la Argentina.

La principal finalidad de este trabajo es evaluar el proyecto, teniendo como objetivo aprovechar la generación de residuos orgánicos y su potencial energético, identificar el escenario con mayor potencial para la producción de biogás, desarrollar la ingeniería conceptual de la planta de producción de biogás y evaluar su viabilidad tanto técnica como económico financiera. Debido a que en nuestro país hay una gran disponibilidad de residuos agroindustriales, se aprovechará un desecho, que de otra manera se descompondría en el medio ambiente generando olor y contaminación, reduciendo el impacto ambiental y dándole un valor agregado a lo que antes se desaprovechaba.

En el caso a estudiar se considera un flujo de estiércoles de toda una región ganadera la que se aproxima en (toneladas por hora), que más tarde se usarán para generar energía eléctrica de aproximadamente 1 MWh_{eléctricos} y para una generación térmica de 1,1 MWh_{térmicos}. Por último, la evaluación técnica y económico financiera de la planta de biogás que se realizará y estará destinada a lograr el autoabastecimiento energético del pueblo de Vera y Pintado en la Provincia de Santa Fe, República Argentina lo que permitirá concluir la rentabilidad de este proyecto.

1.2 Caso a analizar

Se evaluará la posibilidad de que en el pueblo de Vera y Pintado, situado en el norte de la provincia de Santa Fe, donde se dedican a la cría de vacunos de ciclo completo y al cultivo de maíz, se establezca una planta de generación de biogás.



La generación de grandes cantidades de estiércol y de desechos vegetales con gran cantidad de materia seca resulta ideal para esta propuesta. El uso de terrenos en la zona aho-

rraría gastos de logística de materia prima y la generación de biogás sería un gran aporte a las necesidades energéticas del alumbrado público de la zona.

1.3 La empresa

La empresa **Energía Natural S.A.** nace en el sector de las energías renovables y se dedica a promocionar y desarrollar el biogás como fuente de energía sostenible en la República Argentina.

Su creación es de origen privado pero será el ámbito público y las licitaciones municipales su principal medio de fondos y aplicación.

1.4 Misión

La misión de la empresa va más allá del apoyo al desarrollo de instalaciones de plantas de biogás. Se esfuerza por contribuir y aportar soluciones integrales para su implantación, construcción y posterior funcionamiento.

Su principal objetivo es el desarrollo integral de proyectos de biogás de origen agroindustrial aportando soluciones adaptadas a las diferentes áreas de trabajo, partiendo desde la gestación de la idea y su estudio de viabilidad, hasta la búsqueda de financiación, gestión de subvenciones y ayudas públicas.

Para más información acerca de los motivos por los cuales la empresa fomenta el uso del biogás como energía renovable ver el **ANEXO I** al final del documento.

Para más información acerca de la situación actual del biogás, tanto en la Argentina como a nivel mundial ver el **ANEXO II** al final del documento.

USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1 ¿Qué es el biogás?

El biogás es un gas combustible que se obtiene como producto de la fermentación o digestión anaeróbica (es decir, que se desarrolla sin aire) de materias primas renovables, como ser vegetales, desechos de animales y de la industria agropecuaria o alimenticia. Está formado mayormente por metano (CH_4) y dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2). Para ser más precisos, el biogás se compone de: 60 o 65 % de CH_4 (valor promedio de composición de metano que hay en biogás, que está dentro del rango que oscila entre el 50 % y 70 %), 30 % de CO_2 , 1 – 5 % otros: (H_2 , H_2O , NH_3) < 4.000 ppm H_2S .

Se lo puede usar como fuente de calor y electricidad, tanto para consumo propio como para alimentar redes de gas y energía. Aparte de esto, la producción de biogás trae como beneficio que se generan fertilizantes ecológicos, que resultan ser subproductos del proceso de elaboración. Otra opción de uso del biogás es secarlo y quemarlo para producir todavía más energía.

La energía que aporta un m^3 de biogás es igual a la energía de 0,65 m^3 de gas natural (GN), llegando a producir 2,1 kWh de energía eléctrica renovable (el poder calorífico promedio de un m^3 de biogás es de 5.000 kcal pero hay bibliografía que acepta valores que oscilan entre las 5.500 kcal y las 6.000 kcal).

Recordar que PC (poder calorífico) es la cantidad de calor en kcal que produce el combustible por m^3 de gas a 15 ° C y a presión atmosférica normal (1 ATM)

Poder calorífico del gas natural seco residual = 9.000 kcal / m^3 .

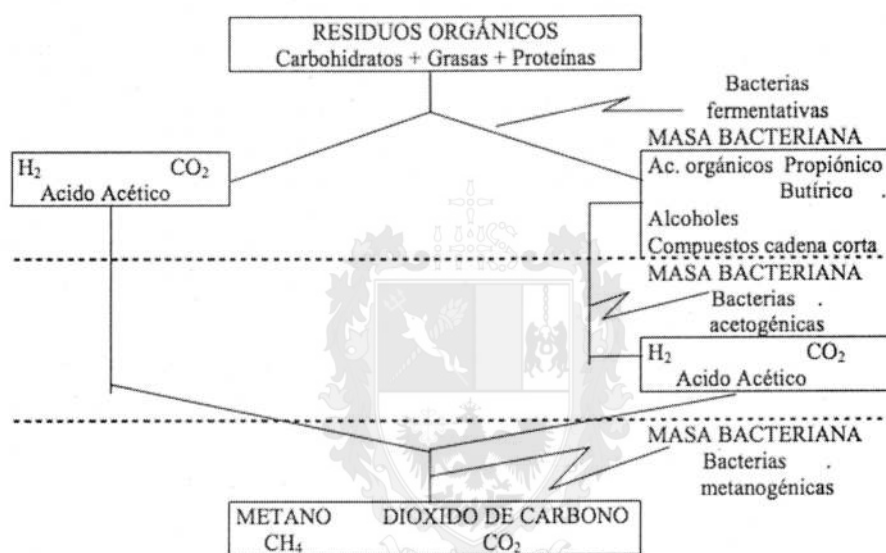
Poder calorífico del CH_4 (metano) = 5.000 kcal / m^3 .

Para más información acerca de la fermentación anaeróbica como proceso de generación de energía y su historia de aplicación ver el **ANEXO III** al final del trabajo.

2.1.1 Proceso microbiológico de fermentación y factores que influyen en su rendimiento

La generación de biogás, mezcla constituida fundamentalmente por metano (CH_4) dióxido de carbono (CO_2), y pequeñas cantidades de hidrógeno (H_2), sulfuro de hidrógeno (SH_2) y nitrógeno (N) constituye un proceso vital dentro del ciclo de la materia orgánica en la naturaleza.

Las dificultades en el manejo de estas delicadas bacterias explican que la investigación sistemática tanto en su morfología como de la bioquímica fisiológica sólo se halla iniciado hace cincuenta años.



Esquema 1. Diagrama de la fermentación a nivel microbiológico.

Para poder comprender mejor el diseño, funcionamiento y manejo de los llamados **reactores o digestores productores de biogás** es conveniente tener una idea general sobre el proceso microbiológico que ocurre en la formación de metano (CH_4)

La fermentación anaeróbica involucra a un número complejo de microorganismos de varios tipos que pueden ser divididos en tres grupos principales como se ve en el esquema; **bacterias fermentativas, acetogénicas y metanogénicas**.

- En la primera etapa, comenzando a analizar el esquema de arriba hacia abajo, las bacterias toman la materia orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando H_2 y CO_2 , hidrógeno y dióxido de carbono.
- Luego está la fase de acidificación, la cual la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ y liberando como productos Hidrógeno y Dióxido de carbono. Esta reacción es endoenergética pues demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales